



Ce document a été numérisé par le CRDP de Bordeaux pour la Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel.

Campagne 2010

Ce fichier numérique ne peut être reproduit, représenté, adapté ou traduit sans autorisation.

crdp Aquitaine

**BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR
CONCEPTION DE PRODUITS INDUSTRIELS
SESSION 2010**

ETUDE DE PRODUITS INDUSTRIELS

SOUS EPREUVE U51

**MODELISATION ET COMPORTEMENT DES
PRODUITS INDUSTRIELS**

Durée : 4 heures

Aucun document n'est autorisé

Calculatrice autorisée (conformément à la circulaire n°99-186 du 16 novembre 1999)

Le sujet comporte trois dossiers :

- un dossier technique
- un dossier travail
- un dossier réponse

Le dossier réponse est à joindre aux feuilles de copie.

THÈME :

PILOT TRAINER

CPE5MC

crdp Aquitaine

EPREUVE U51

**MODELISATION ET COMPORTEMENT DES
PRODUITS INDUSTRIELS**

DOSSIER TRAVAIL

Evolution du centre de gravité dans les mouvements de roulis et de tangage page 1/7
Evaluation de l'effort du pilote à l'issue d'une manœuvre de tangage pages 1 et 2/7
Evaluation de l'effort du pilote pendant une manœuvre de roulis..... pages 2 et 3/7
Etude de la fonction technique FT7..... pages 4 et 5/7
Vérification du comportement de la fourche..... pages 6 et 7/7

PILOT TRAINER

Ce dossier comporte 7 pages.

Temps conseillé :

Lecture du sujet. 0h15

1 - Influence de la position du centre de gravité. 2h00

1.1 Evolution du centre de gravité lors de manœuvres de roulis et de tangage.

1.2 Détermination de l'effort du pilote sur le manche pour maintenir en position le berceau, à l'issue d'une manœuvre de tangage.

1.3 Détermination de l'effort sur le manche lors d'une mise en mouvement du berceau, pendant une manœuvre de roulis.

2 - Fonction FT7 : Transmettre la position du berceau à l'unité centrale. 0h45

2.1 Recherche des liaisons possibles entre le berceau et le levier du joystick

2.2 Vérification des conditions de fonctionnement de la solution constructive

3 - Vérification du comportement de la fourche : FT1.1.2.2. 1h00

3.1 Etude des contraintes dans une section particulière de la fourche.

3.2 Influence des déformations de la fourche sur le comportement du mécanisme.

ETUDE DU PILOT TRAINER

1- Etude de l'influence de la position du centre de gravité G de l'ensemble {berceau+pilote} sur les efforts que devra fournir le pilote dans différentes phases de vol.

Objectif : Positionner le centre de gravité G de façon à rendre les efforts du pilote sur le manche compatibles avec les efforts en situation réelle lors de différentes phases de vol. Pour cela on étudie la fonction FT2.

Hypothèses de travail :

- On affecte le repère R1 au berceau et le repère R0 au châssis.
- Toutes les liaisons sont considérées comme parfaites et seuls les poids du berceau et du pilote sont pris en compte dans cette partie.
- Pour les questions 1 à 9, et pour une meilleure lisibilité, G a été volontairement placé à une très grande distance de O.
- L'étude est menée en considérant que l'utilisateur est de corpulence moyenne (masse 80 kg et 1,80 m environ).

1.1 - Evolution du centre de gravité lors de manœuvres de roulis et de tangage.

Pour que l'assise du pilote soit horizontale dans des simulations de vol horizontal ou à l'arrêt, il faut que G se situe sur l'axe (O, \vec{z}_0) .

Question 1 : Sur le document réponse DR1, tracer (en trait continu) et identifier la trajectoire du centre de gravité G, au cours d'une manœuvre de tangage pur (sans roulis).
DT4, DT5
DR1

Question 2 : Sur le document réponse DR1, tracer (en trait interrompu) et identifier la trajectoire du centre de gravité G, au cours d'une manœuvre de roulis pur (sans tangage).
DT4, DT5
DR1

Question 3 : En situation réelle, les deux mouvements de roulis et de tangage sont combinés. Quelle est la surface sur laquelle se déplace le centre de gravité G ? Préciser ses caractéristiques géométriques.
DT4, DT5
Feuille de copie

Question 4 : Que se passerait-il si G se trouvait, en vol horizontal, sur l'axe (O, \vec{z}_0) mais au-dessus du point O ?
DT4, DT5
Feuille de copie

1.2 - Détermination de l'effort du pilote sur le manche pour maintenir en position le berceau, à l'issue d'une manœuvre de tangage.

Hypothèses de travail :

1. Le plan $(O, \vec{x}_0, \vec{z}_0)$ est plan de symétrie pour la géométrie et aussi pour les actions mécaniques.
2. La direction de l'action mécanique du pilote sur le manche est supposée perpendiculaire au manche.
3. L'angle de roulis est nul et l'angle de tangage est de 15° en piqué.
4. Seuls les poids du berceau et du pilote sont pris en compte.

Question 5 : Isoler l'ensemble et faire les bilans des actions mécaniques extérieures appliquées à :
DT4, DT9,
DT11, DT13
DR2

- E1 : {Manche 1 + chape 5 + demi cardan droit 19}
- E2 : {Biellette 18 + demi cardan gauche 20}

Question 6 : Tracer et justifier, sur le document réponse DR2, la direction des résultantes des actions mécaniques $\vec{C}_{21 \rightarrow E1}$, de la noix 21 sur E1 en C, et $\vec{A}_{4 \rightarrow E1}$, du châssis 4 sur E1 en A.
DT4, DT9
DT11
DR2

Question 7 : Dans une première approche, le centre de gravité de l'ensemble {berceau+pilote} a été placé à une distance de 100 mm du point O.
DT4, DT9
DT11
DR2
La masse de l'ensemble E3 : {Berceau+pilote+E1+E2} est de 160 Kg.

Etudier l'équilibre de l'ensemble E3 dans la position du DR2 et déduire $\vec{A}_{4 \rightarrow E3}$ (module, sens et direction).

Question 8 : Déduire de l'équilibre de E1, la valeur de l'effort que doit fournir le pilote.
DT4, DT9
DT11
DR2

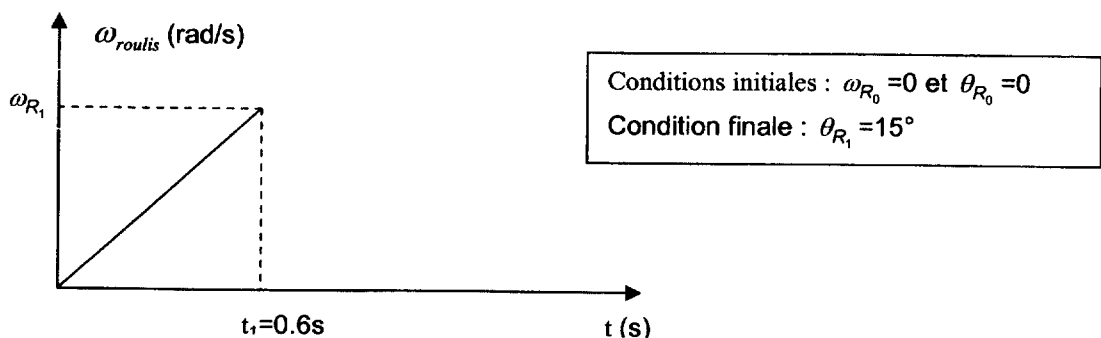
Question 9 : Cette valeur vous semble-t-elle correcte au regard du Cahier des Charges Fonctionnel ?
DT2
Feuille de copie

Question 10 : Une simulation informatique a permis de déterminer, pour un maintien en tangage à 15° de l'ensemble E3, l'effort du pilote sur le manche en fonction de la position du centre de gravité G sur l'axe (O, \vec{z}_1) . Donner la valeur maximale de la cote de G sur \vec{z}_1 pour que cet effort remplisse les conditions du Cahier des Charges Fonctionnel.
DT8
Feuille de copie

1.3 - Détermination de l'effort sur le manche lors d'une mise en mouvement du berceau, pendant une manœuvre de roulis.

Hypothèses de travail :

L'étude se fera lors d'une mise en mouvement de l'ensemble E4 : {E3+Fourche}, conférant au berceau une rotation en roulis de 15° et répondant au graphe des vitesses suivant :



Données :

- Les coordonnées du centre de gravité de l'ensemble E3 dans le repère R1 sont

$$\begin{matrix} \vec{OG} \\ R1 \end{matrix} \begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ -20 \cdot 10^{-3} \end{vmatrix} \quad (\text{en mm}).$$

- Seuls les éléments d'inertie du berceau et du pilote seront pris en compte pour cette partie.
- Accélération de la pesanteur = 9.81 m/s^2 .
- Masse de l'ensemble {pilote+berceaux} = 160 Kg.
- Toutes les liaisons sont parfaites.

- Question 11 :** Définir le mouvement de l'ensemble E4 par rapport au châssis dans la phase étudiée. Préciser le(s) axe(s) caractéristique(s).
DT5, DT10
Feuille de copie
- Question 12 :** Ecrire les équations du mouvement de l'ensemble E4 par rapport au châssis pendant la phase de mise en mouvement. Déterminer la valeur de l'accélération angulaire et de la vitesse angulaire ω_{R_1} atteinte en fin de phase.
Feuille de copie
- Question 13 :** Calculer la variation d'énergie cinétique de l'ensemble E4 par rapport au bâti pendant cette phase.
DT8
Feuille de copie
- Question 14 :** Quelle est la seule action mécanique extérieure à E4 dont le travail est non nul ? Justifier. Représenter à l'aide d'une figure simple cette action mécanique en début et en fin de phase. Calculer alors son travail.
DT5
Feuille de copie
- Question 15 :** La seule action mécanique intérieure au système E4, dont le travail est non nul, est l'effort du pilote sur le manche $\vec{M}_{\text{Pilote} \rightarrow \text{Manche}}$. On considèrera, pour cette question, que la direction de cet effort reste colinéaire au déplacement de M que l'on assimilera à un segment de droite. Relever sur DT5 la valeur de ce déplacement et exprimer le travail de cet effort.
DT5
Feuille de copie
- Question 16 :** Appliquer le théorème de l'énergie cinétique et déduire la valeur de l'effort que doit fournir le pilote pendant cette phase.
Feuille de copie
- Question 17 :** Cet effort vous semble-t-il conforme au Cahier des Charges Fonctionnel ? Sur quels paramètres peut-on agir pour diminuer encore cet effort ?
Feuille de copie

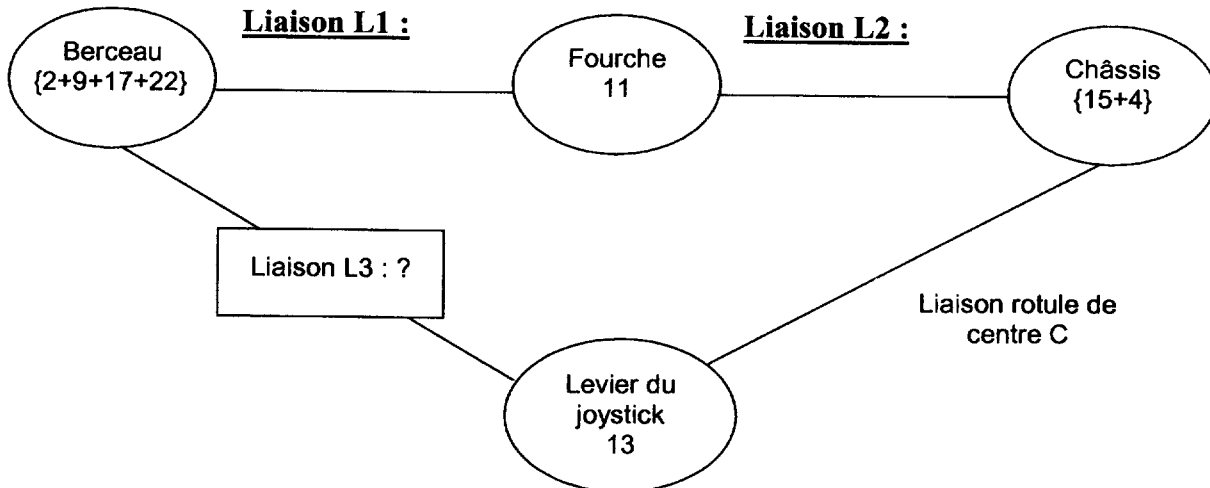
2- Justifier la solution constructive de la fonction technique FT7 : Transmettre la position du berceau à l'unité centrale.

Objectif : Assurer la transmission de l'information de la position du berceau. Cette information passe par le joystick, fixé sur le châssis (voir DT9).

2.1 - Recherche des liaisons possibles entre le berceau et le levier du joystick.

Question 18 : A partir du dessin d'ensemble ci-dessous, indiquer la nature des liaisons L1 et L2, du graphe partiel de liaisons :

DT9
Feuille de copie



Question 19 : Par un calcul d'isostaticité des mécanismes et par l'approche de votre choix, calculer le nombre d'inconnues cinématiques I_{C3} de la liaison L3 entre le berceau {2+9+17+22} et le levier du joystick 13 qui rendrait le **montage isostatique**. On prendra pour cette question, $m_u=2$ (roulis et tangage) et $m_r=1$ (rotation propre du levier du joystick).

DT6
Feuille de copie

Question 20 : Indiquer deux liaisons possibles correspondant à ce nombre de degrés de liberté.

Feuille de copie

Question 21 : Le constructeur a choisi de réaliser cette liaison en intercalant un tube 12 entre le levier du joystick 13 et le berceau {2+9+17+22}. Après examen des surfaces de contact entre le tube 12 et la sphère 17, puis entre le tube 12 et le levier du joystick 13, établir le nouveau graphe de liaison.

Feuille de copie

Question 22 : En rajoutant le tube 12, on voit apparaître une nouvelle mobilité interne. Laquelle ? Vérifier que le montage est isostatique.

Feuille de copie

2.2 - Vérification des conditions de fonctionnement de la solution constructive :

Pour que la solution constructive choisie par le constructeur fonctionne, il faut vérifier deux critères (voir DR3):

1. Une condition de guidage Cg
2. Deux conditions de non collision :
 - Cf1 entre le tube 12 et le levier 13
 - Cf2 entre le levier 13 et la sphère 17

Question 23 : Faire apparaître sur le document réponse, les trois conditions fonctionnelles, pour les deux positions du point N : N1 et N2.
DR3
Feuille de copie Préciser pour chacune des positions le risque encouru par le mécanisme.

Question 24 : Les conditions fonctionnelles Cf1 et Cf2 sont-elles vérifiées au regard du Cahier des Charges Fonctionnel ? Justifier.
Feuille de copie

Question 25 : La condition fonctionnelle Cg est-elle également vérifiée ?
Feuille de copie DR3 Le tracé dans le plan $(O, \vec{x}_0, \vec{z}_0)$ permet-il à lui seul de vérifier cette condition ? Justifier.

3- Vérification du comportement de la fourche : FT1.1.2.2. et FT1.2.2.2.

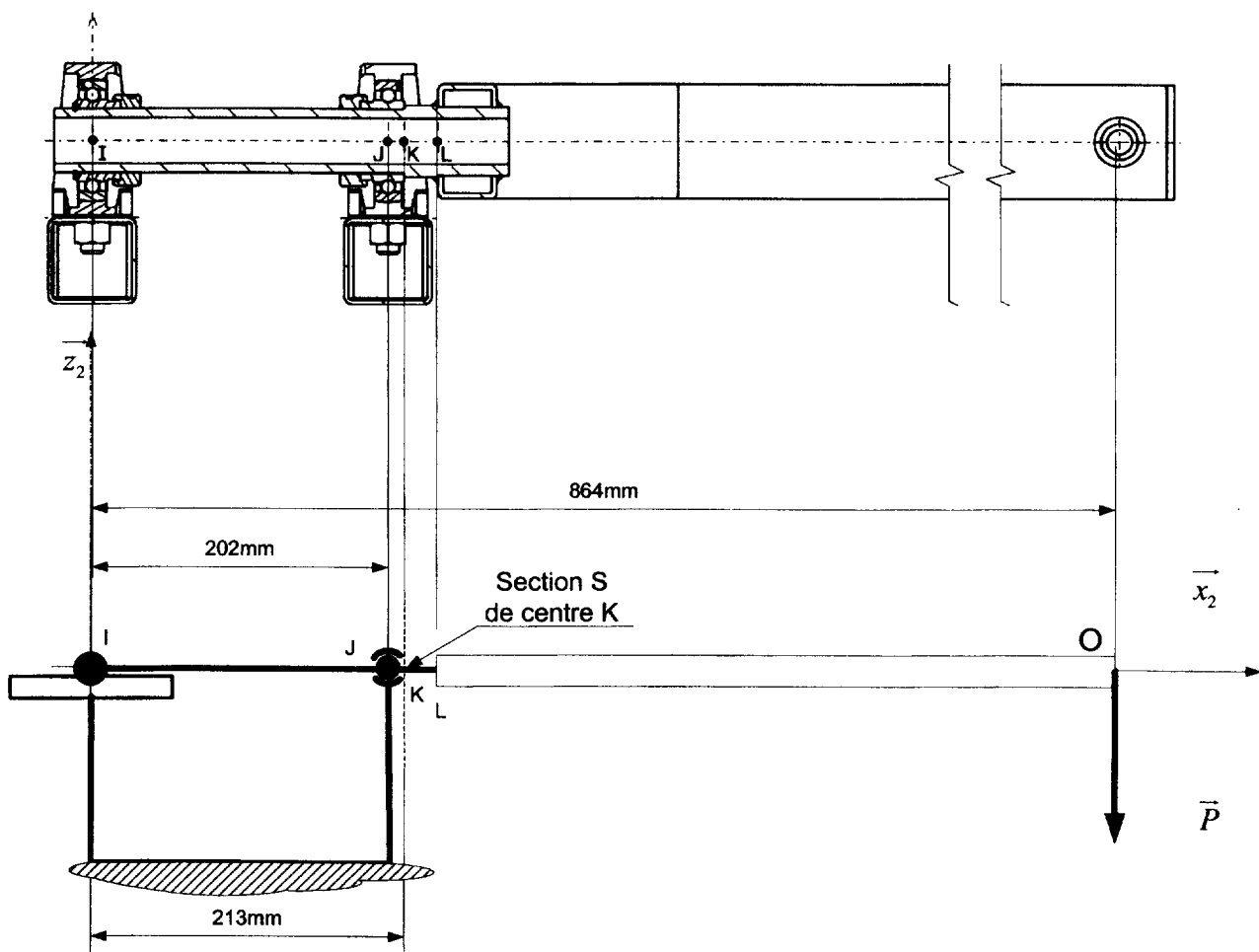
Objectif : Cette partie a pour objet de vérifier le comportement de la fourche compte tenu des efforts s'appliquant sur celle-ci.

Données :

- Le matériau de l'axe de la fourche est le 20MnV6 pour lequel $E = 210000 \text{ MPa}$ et $Re = 650 \text{ MPa}$.
- Les caractéristiques de la section **S** étudiée sont représentées sur le DT12.
- Le poids \vec{P} de l'ensemble {berceau+pilote} a pour intensité 157daN.
- La contrainte tangentielle sera négligée dans toute l'étude.
- On utilisera, pour cette partie, un repère R2 lié à l'axe de la fourche.

3.1 - Etude des contraintes dans une section particulière de la fourche.

On se propose d'utiliser le modèle simplifié suivant assimilant l'axe de pivot de fourche, entre I et L, à une poutre d'axe \vec{x}_2 .



Question 26 : Pourquoi est-il prudent de vérifier la résistance de l'axe dans la section S ?

Feuille de copie
DT12

Question 27 : Calculer les composantes du torseur de cohésion au centre K de la section S d'abscisse $x = 213\text{mm}$, dans le repère R2.

Feuille de copie
DT12

Question 28 : Calculer le moment quadratique, par rapport à l'axe (K, \vec{y}_2) , de la section S (Coupe E-E).

Feuille de copie
DT12

Question 29 : Calculer la contrainte normale maxi de flexion $\sigma_{\text{maxi théorique}}$ dans la section S.

Feuille de copie

Question 30 : La variation de section au niveau de la section S provoque une concentration de contrainte. Feuille de copie DT12, DT7
Evaluer le coefficient de concentration de contrainte K_t et calculer la contrainte maximale réelle $\sigma_{\text{maxi réelle}}$.

Question 31 : Calculer le coefficient de sécurité dans cette section S. Feuille de copie
Conclure au regard du Cahier des Charges Fonctionnel.

3.2 - Influence des déformations de la fourche sur le comportement du mécanisme.

On utilise un logiciel de calcul par éléments finis afin de vérifier la rigidité de l'ensemble de la fourche. En reprenant la modélisation des liaisons précédentes (rotule et linéaire annulaire), le logiciel de calcul par éléments finis ne parvient pas à effectuer son calcul car la rotation autour de l'axe de roulis (O, \vec{x}_2) , n'est pas bloquée.

Une liaison supplémentaire, n'existant pas en réalité, est donc nécessaire pour bloquer cette rotation sans fausser les résultats attendus. On admettra que seuls les déplacements verticaux seront autorisés par cette liaison virtuelle.

Question 32 : Sur le DR4, identifier l'élément géométrique de la fourche à lier (coloriage et/ou flèche), et DR4
indiquer **une** liaison possible qui permettra de lancer le calcul en cochant la (ou les) case(s) adéquate(s).

Question 33 : Sur le DR4, entourer la (ou les) zone(s) de déplacement maximum. Relever la valeur Dép_{maxi} . DR4

Question 34 : Ce déplacement a-t-il une influence sur la difficulté de respecter les niveaux de la fonction FT2 du mécanisme ? Justifier. Feuille de copie

Question 35 : Quelle(s) solution(s) peut-on envisager sur la fourche pour limiter cette influence ? Justifier. Feuille de copie

**BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR
CONCEPTION DE PRODUITS INDUSTRIELS
SESSION 2010**

EPREUVE U51

**MODELISATION ET COMPORTEMENT DES
PRODUITS INDUSTRIELS**

DOSSIER REPONSE

Evolution du centre de gravité.....	DR1
Etude de statique.....	DR2
Etude de la liaison berceau joystick.....	DR3
Vérification du dimensionnement de la fourche.....	DR4

PILOT TRAINER

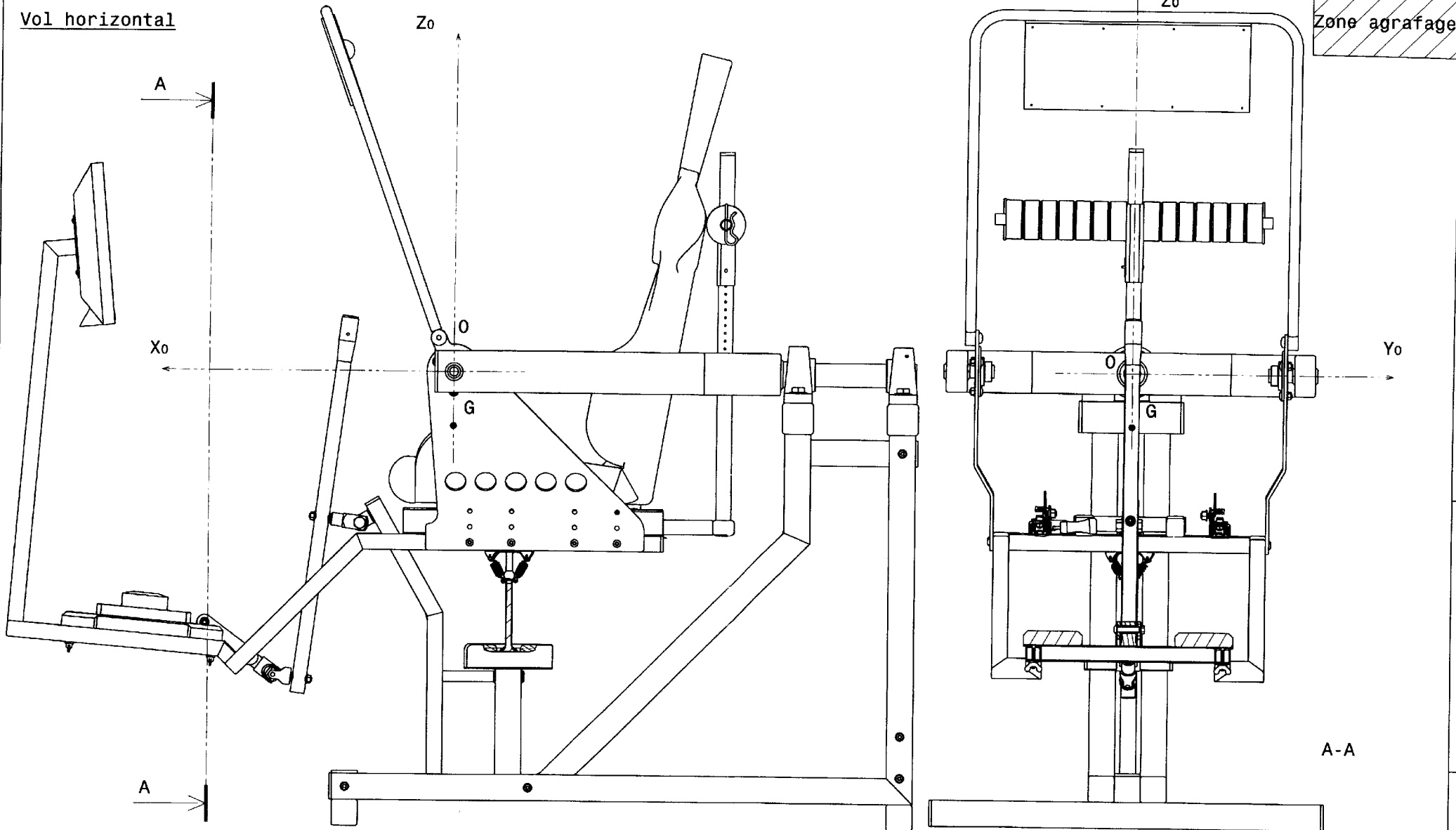
Ce dossier comporte 4 pages.

CPE5MC

crdp Aquitaine

Vol horizontal

Zone agrafage



Cadre réponse pour:

Q1:

Q2:

CHECKED BY:

XXX

DATE:

XXX

FORMAT:

A3



ECHELLE:

1:7

WEIGHT (kg)

XXX

DRAWING NUMBER

CPE5MC

PILOT TRAINER

Evolution du centre de gravité

FEUILLE

1/1

G	-
F	-
E	-
D	-
C	-
B	-
A	-

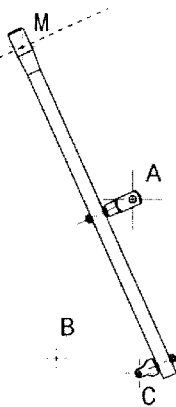
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

crdp Aquitaine

Bilan Q5:

Justification du tracé Q6:

Support de l'action du pilote sur le manche



Echelle des forces :
1mm → 0,5N

Q8:

$$\|M_{\text{pilote}} \rightarrow E1\| =$$

Ensemble E1

Echelle des forces :
1mm → 15N

Q7:

Justification du tracé :

$$\|A_4 \rightarrow E3\| =$$

B Ensemble E2 (échelle 1:5)

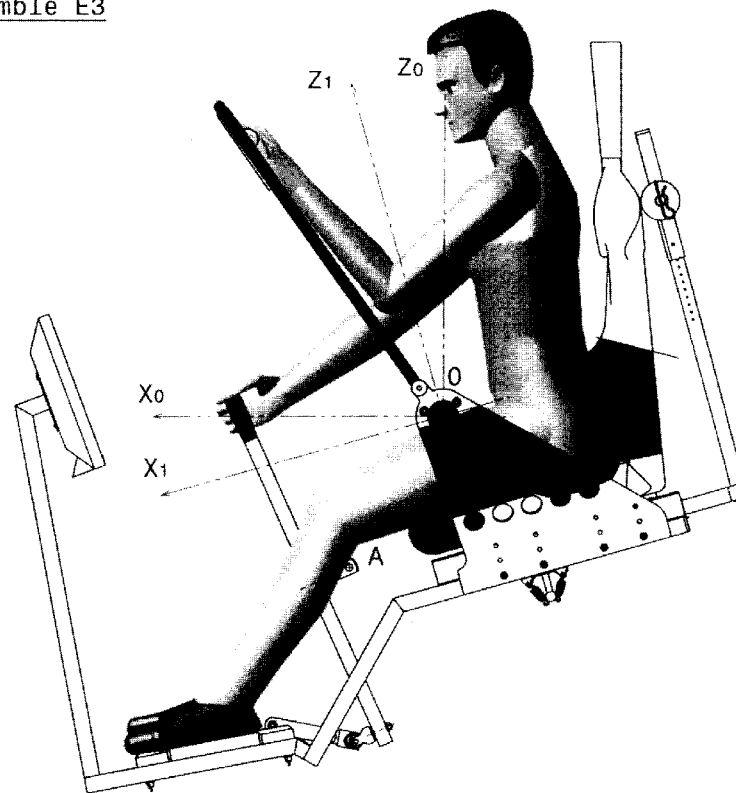
zone d'agrafage



Bilan Q5:

Justification du tracé Q6:

Ensemble E3



CHECKED BY:

XXX

DATE:

XXX

FORMAT :

A3



ECHELLE :

1:10

WEIGHT (kg)

XXX

DRAWING NUMBER

CPESMC

PILOT TRAINER

ETUDE STATIQUE

DR2

FEUILLE

1/1

G

F

E

D

C

B

A

crdp Aquitaine

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

zone d'agrafage

Point O origine du repère R0

Position neutre en tangage

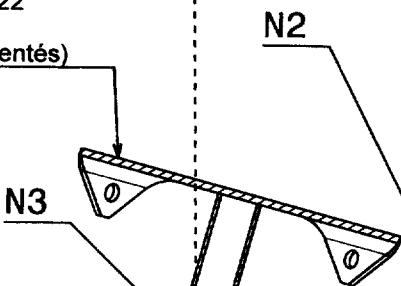
Angle tangage maxi en piqué

Angle tangage maxi en cabré

15°

15°

Plaque de maintien 22 fixée au berceau (ressorts non représentés)



N2

N1

N0

N3

Trajectoire du point N en tangage

CF2

CG

CF1

Mécanisme partiel joystick en coupe
Echelle : 1:2

Centre C de la liaison rotule entre le levier du joystick 13 et le châssis 4.

CPE5MC

DOCUMENT REPOSE DR4

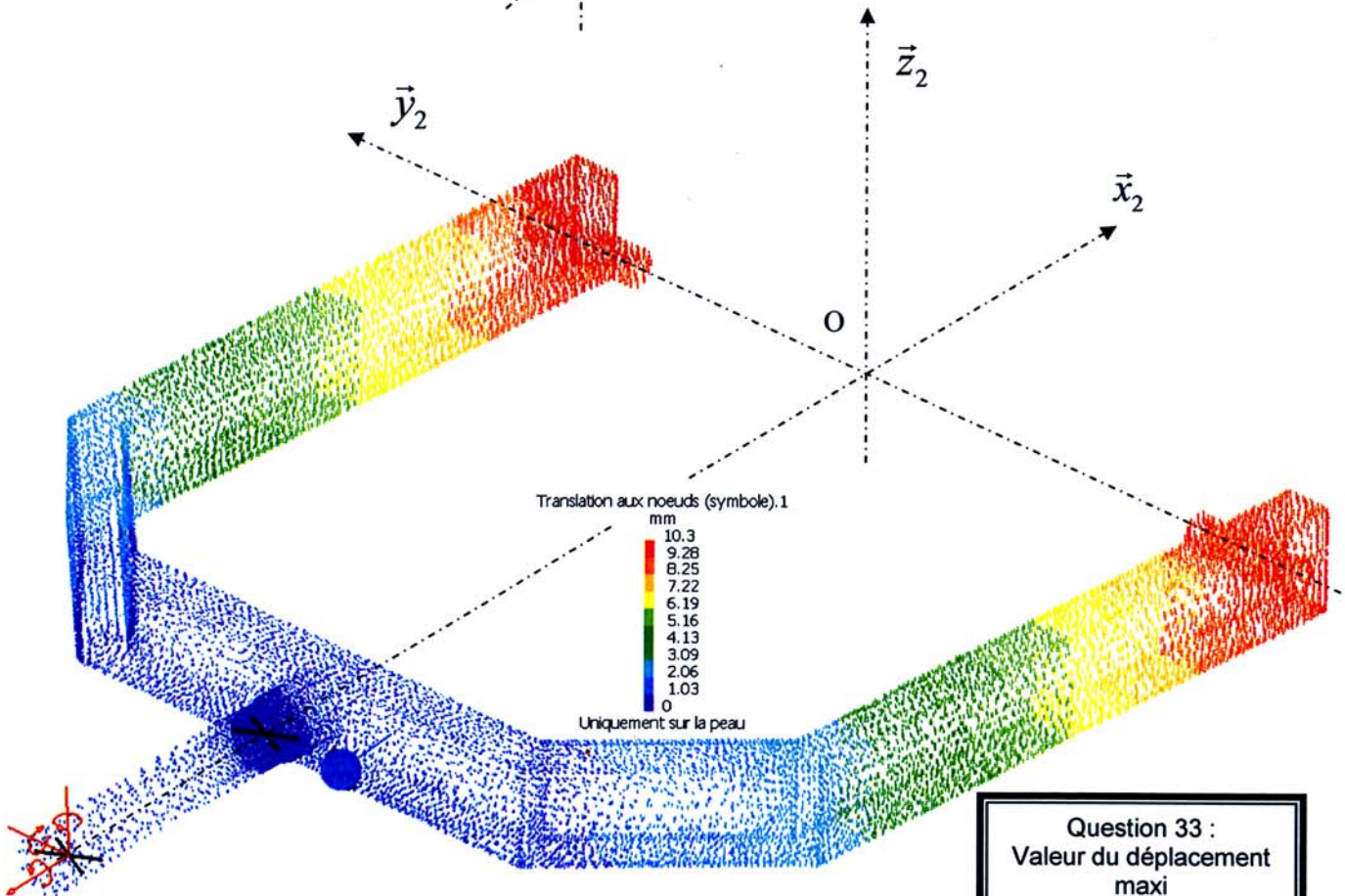
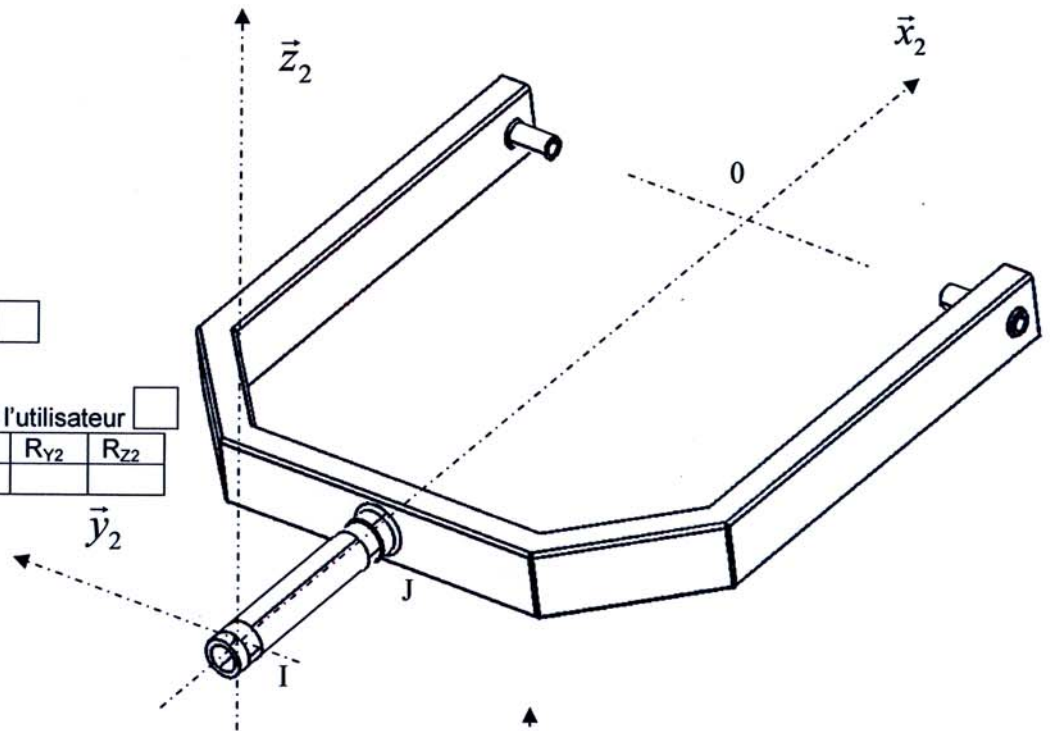
Question 32



- Encastrement
- Pivot
- Rotule
- Pivot glissant
- Glissière
- Glissement surfacique

• Fixation(s) définie(s) par l'utilisateur

T_{x2}	T_{y2}	T_{z2}	R_{x2}	R_{y2}	R_{z2}



Question 33 :
Valeur du déplacement
maxi

Dép_{maxi} =

**BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR
CONCEPTION DE PRODUITS INDUSTRIELS
SESSION 2010**

EPREUVE U51

**MODELISATION ET COMPORTEMENT DES
PRODUITS INDUSTRIELS**

DOSSIER TECHNIQUE

Présentation du support technique de l'épreuve.....	DT1
Analyse fonctionnelle du Pilot Trainer.....	DT2
F.A.S.T. partiel de la fonction principale FP1-FC7	DT3
Schéma de principe de l'évolution en tangage	DT4
Schéma de principe de l'évolution en roulis	DT5
Document référence sur la théorie des mécanismes	DT6
Document CETIM sur les coefficients de concentration de contrainte en flexion	DT7
Résultats de simulation	DT8
Vue d'ensemble tangage du Pilot Trainer.....	DT9
Vue d'ensemble roulis du Pilot Trainer.....	DT10
Vue de l'ensemble cardan du Pilot Trainer.....	DT11
Vue d'ensemble de la liaison Fourche-Châssis du pilote trainer.....	DT12
Nomenclature partielle du Pilote Trainer	DT13

PILOT TRAINER

Ce dossier comporte 13 pages.

CPE5MC

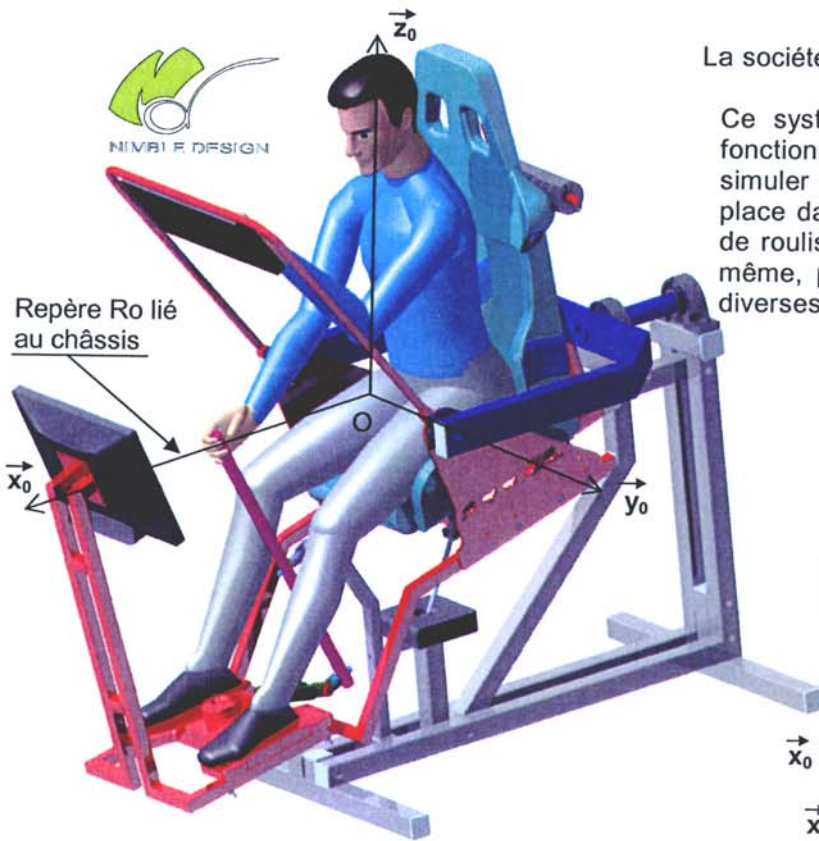
crdp Aquitaine

PRESENTATION DU SUPPORT DE L'ETUDE :

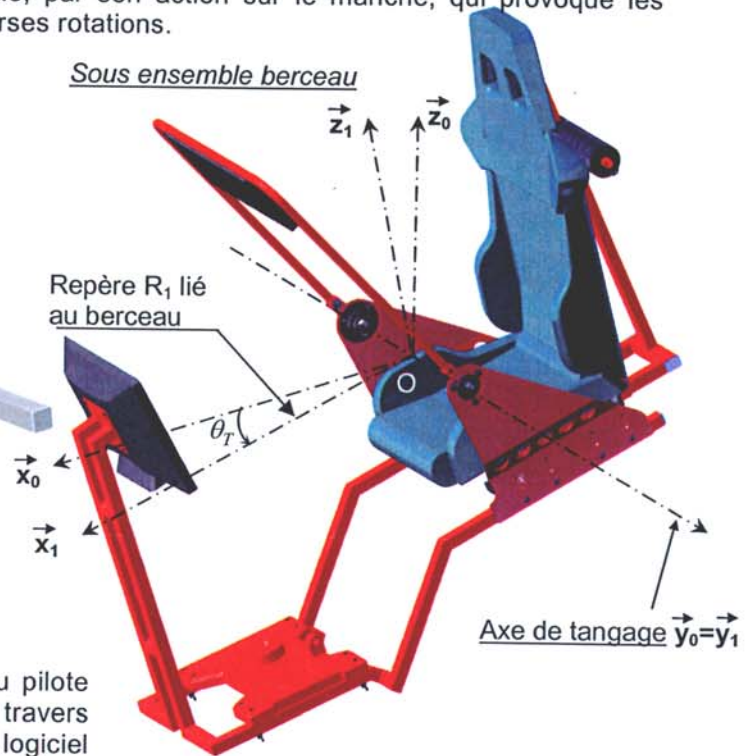


La société **NIMBLE DESIGN** produit le Pilot Trainer.

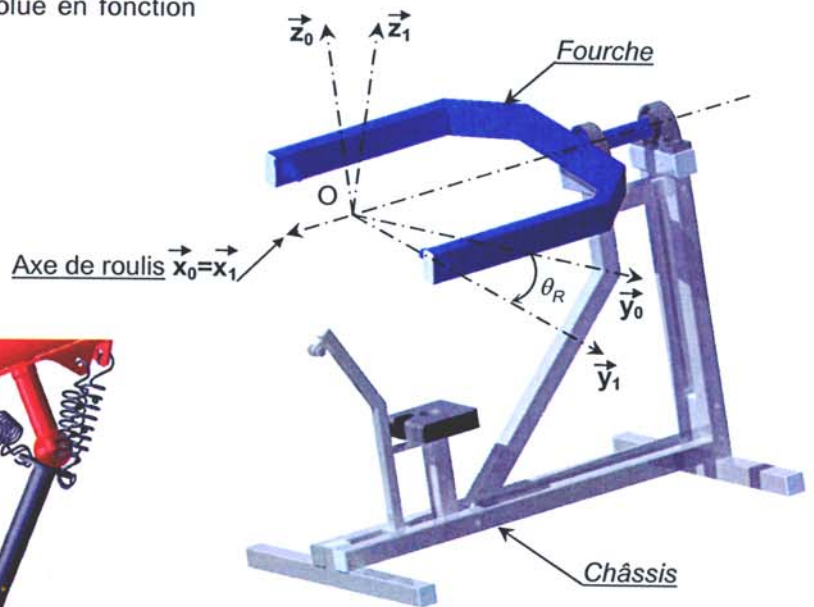
Ce système est un simulateur de vol pour particulier fonctionnant sans aucun moteur. Il permet au pilote de simuler des situations de pilotage réelles. Le pilote prend place dans un berceau mobile autour de deux axes (axe de roulis \vec{Ox}_1 et axe de tangage \vec{Oy}_1). C'est le pilote lui-même, par son action sur le manche, qui provoque les diverses rotations.



Sous ensemble berceau



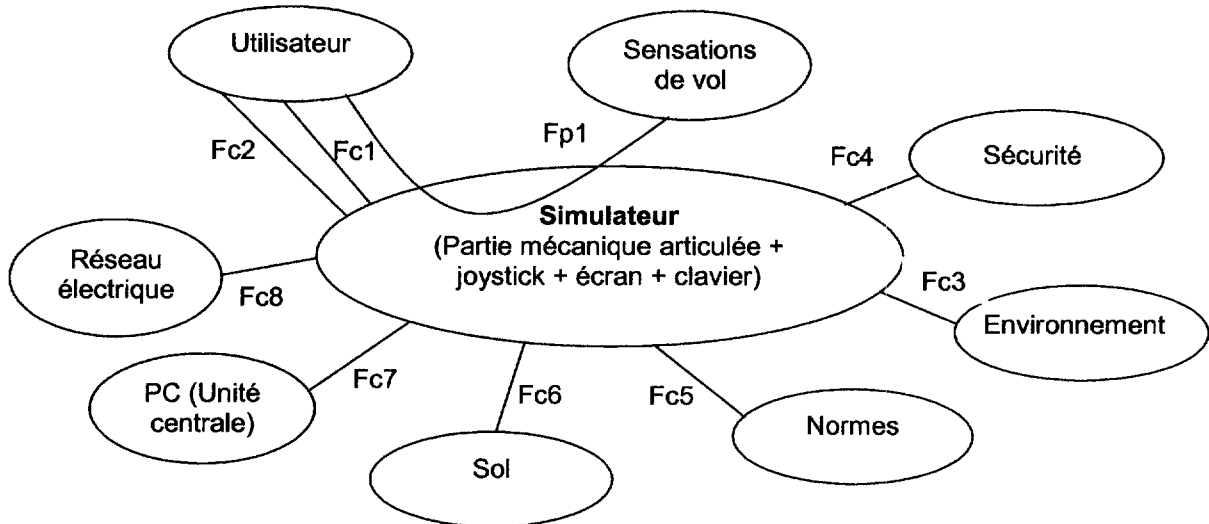
Un écran, fixé également sur le berceau, restitue au pilote les images sensées être vues en situation réelle au travers du pare brise du cockpit. L'image, fournie par un logiciel installé dans une unité centrale type PC, évolue en fonction de la position du berceau.



Levier de joystick

L'information de la position du berceau est transmise à l'unité centrale par l'intermédiaire d'un levier de joystick situé sous le siège du pilote.

DIAGRAMME DES INTERACTEURS



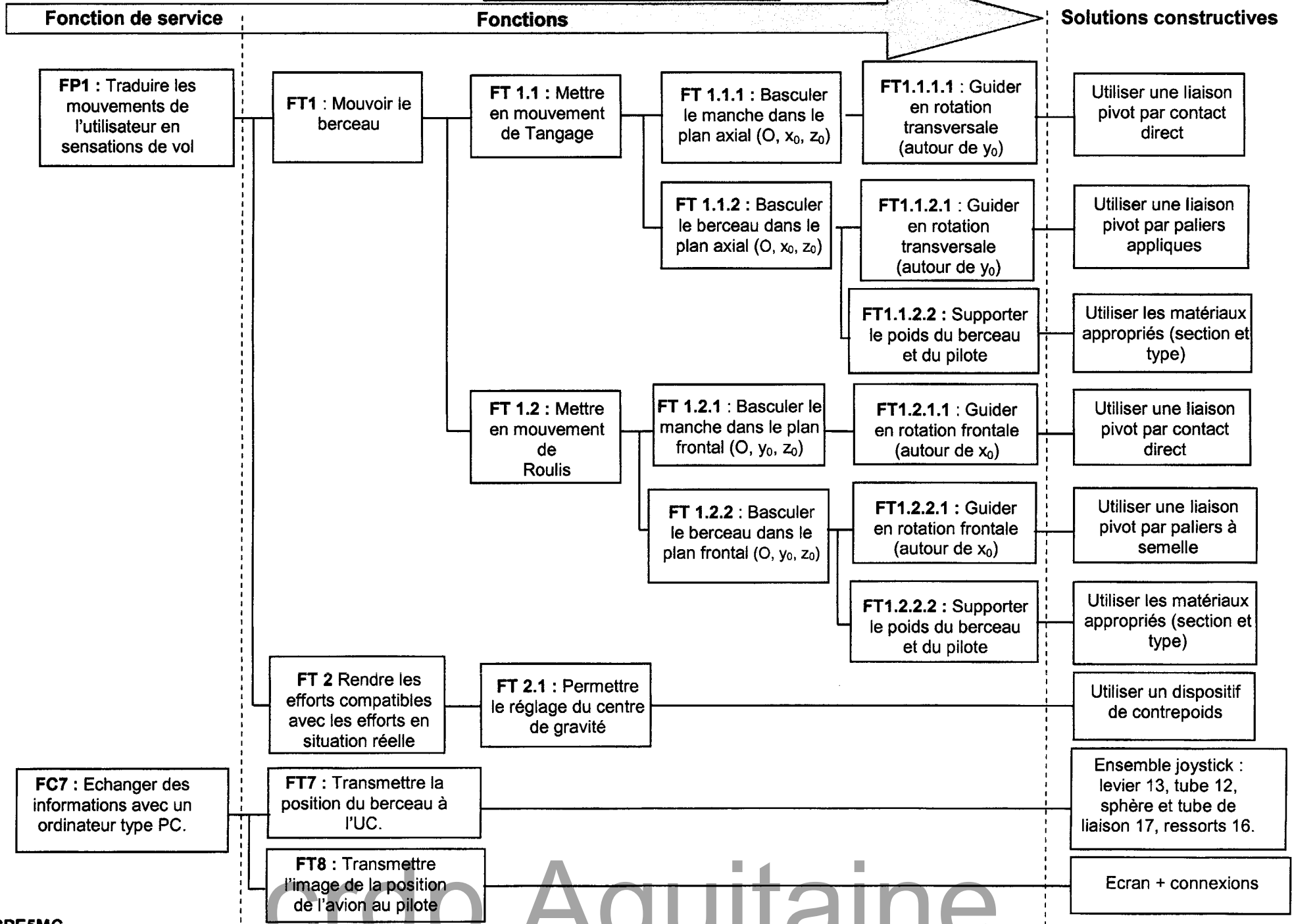
FONCTIONS DE SERVICE

- FP1** : Traduire les mouvements de l'utilisateur en sensations de vol.
- FC1** : Permettre de recevoir les manœuvres de l'utilisateur.
- FC2** : S'adapter à la morphologie de l'utilisateur.
- FC3** : Respecter l'environnement.
- FC4** : Ne pas blesser l'utilisateur.
- FC5** : Respecter les normes en vigueur.
- FC6** : S'adapter au sol.
- FC7** : Echanger des informations avec un ordinateur type PC.
- FC8** : Se raccorder au réseau électrique (écran).

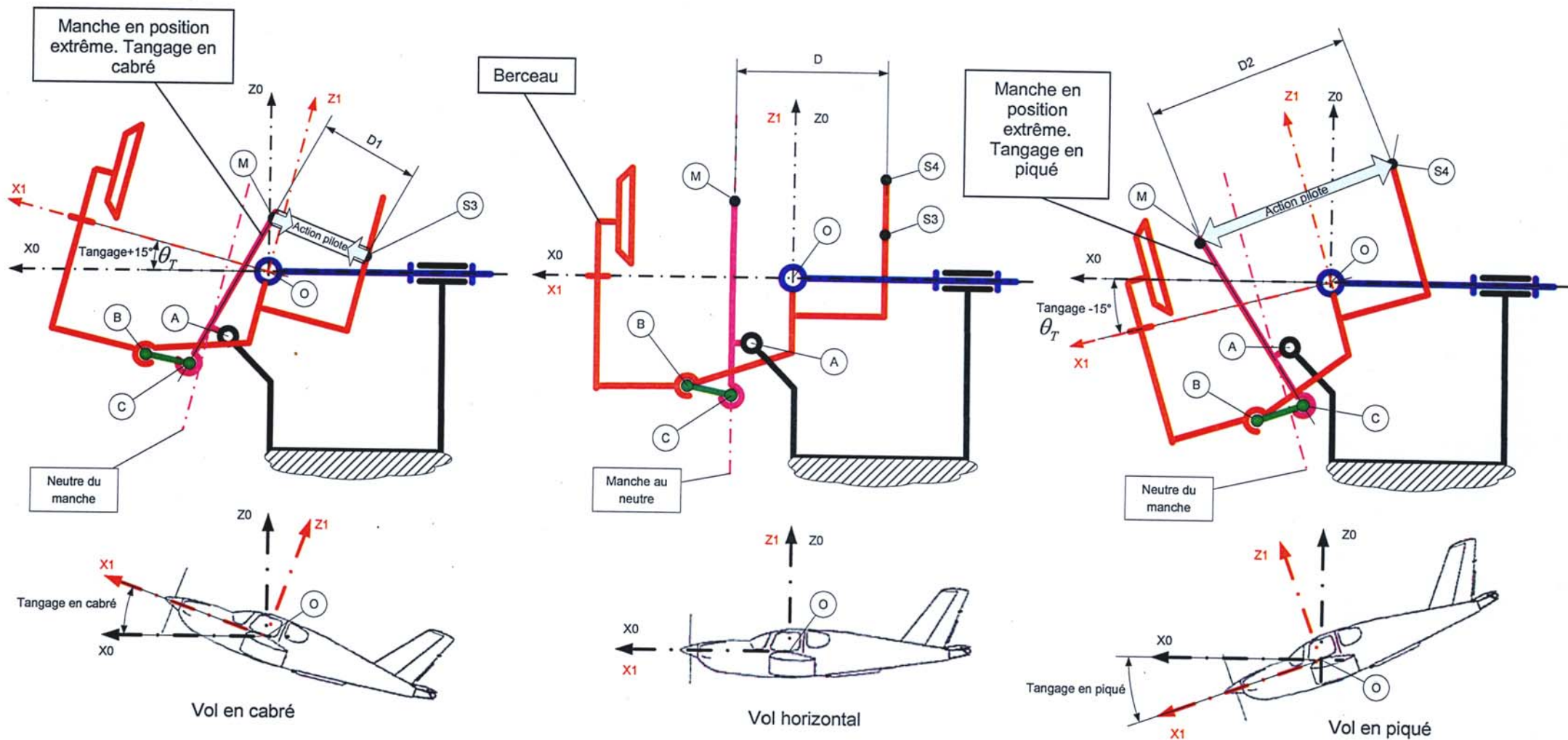
EXTRAIT DU CAHIER DES CHARGES FONCTIONNEL (VOIR FAST DT3) :

Fonctions	Critères d'évaluation	Niveaux
FT2 : Rendre les efforts sur le manche compatibles avec les efforts en situation réelle	<ul style="list-style-type: none"> • Effort de maintien en position $\pm 15^\circ$ en tangage • Effort de maintien en position $\pm 15^\circ$ en roulis • Effort de mise en mouvement de 0 à $\pm 15^\circ$ en tangage suivant graphe de vitesse • Effort de mise en mouvement de 0 à $\pm 15^\circ$ en roulis suivant graphe de vitesse 	<ul style="list-style-type: none"> • <20N • <20N • <45N • <35N
FT7 : Transmettre la position du berceau à l'UC.	<ul style="list-style-type: none"> • Condition fonctionnelle de guidage • Conditions fonctionnelles de non collision 	<ul style="list-style-type: none"> • $C_g > 1,5D$ • $C_f1 > 0$ • $C_f2 > 0$
FT 1.2.2.2: Supporter le poids du berceau et du pilote	<ul style="list-style-type: none"> • Masse berceau + pilote • Coefficient de sécurité 	<ul style="list-style-type: none"> • 160 Kg Maxi • Coefficient de sécurité $s > 1,5$

DT3 : FAST PARTIEL FP1-FC7

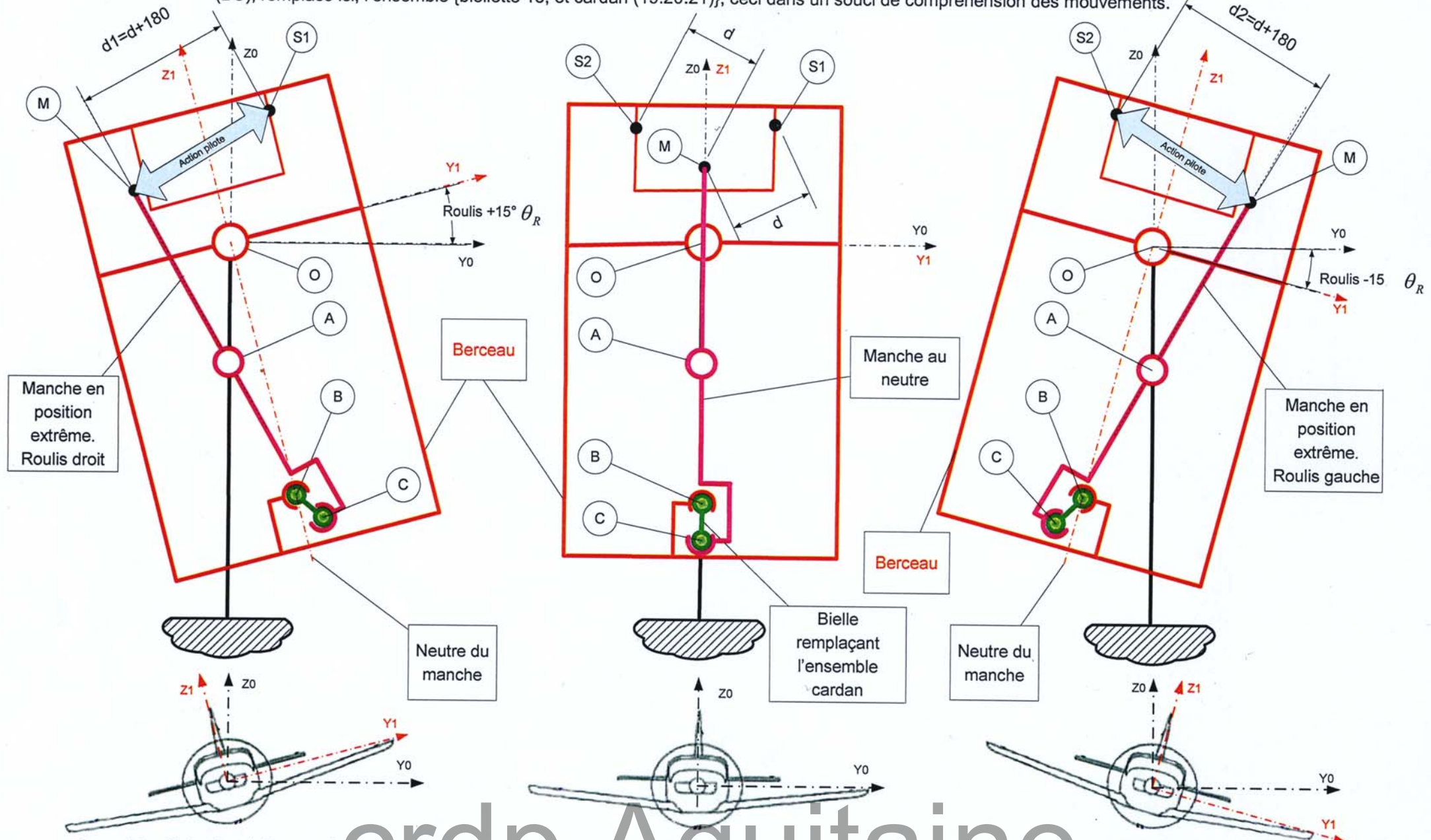


Remarque importante : le schéma ci-dessous ne respecte pas les dimensions, ni les proportions du système réel. Une bielle (BC), remplace ici, l'ensemble {bielle 18, et cardan (19.20.21)}, ceci dans un souci de compréhension des mouvements.



Quand le pilote pousse ou tire sur le manche, il prend appui sur le siège entre S3 ou S4. Il fait donc varier la distance D , ce qui provoque la rotation de l'ensemble {berceau, pilote} autour de l'axe (O, y_0) , appelé tangage.

Remarque importante : le schéma ci-dessous ne respecte pas les dimensions, ni les proportions du système réel. Une bielle (BC), remplace ici, l'ensemble {bielle 18, et cardan (19.20.21)}, ceci dans un souci de compréhension des mouvements.



Quand le pilote écarte le manche sur le côté, il exerce un effort en M en prenant appui sur le bord du siège en S1 ou S2. Il éloigne donc le point M des points S1 ou S2 et fait varier la distance d en d_1 ou d_2 . Pour un angle de roulis $\pm 15^\circ$, $d_1 = d_2 = d + 180$ mm. Cela provoque une rotation de l'ensemble {Berceau, Fourche, pilote} autour de l'axe (O, x_0) , appelé roulis.

DT6 : REFERENCE THEORIE DES MECANISMES

	Approche cinématique	Approche Statique
Nombre de pièces d'un mécanisme	N_p	
Nombre de liaisons	N_L	
Nombre Cyclomatique	$\gamma = N_L - N_p + 1$	
Nombre d'équations	$E_C = 6\gamma$	$E_S = 6.(N_p-1)$
Nombre d'inconnues	I_C	I_S
Relation entre I_C et I_S	$I_C + I_S = 6$	
Degré d'hyperstaticité	$H = m - I_C + E_C$	$H = m - E_S + I_S$

Mobilité utile et mobilité interne :

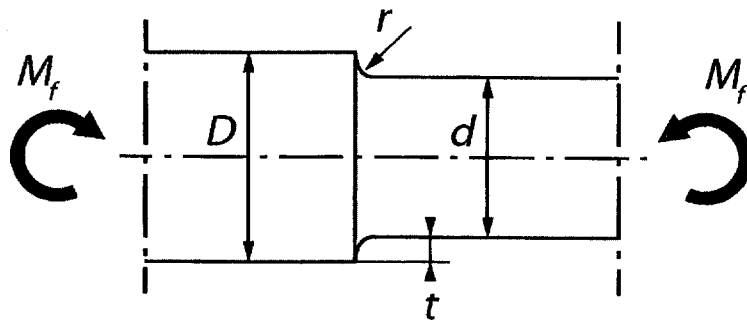
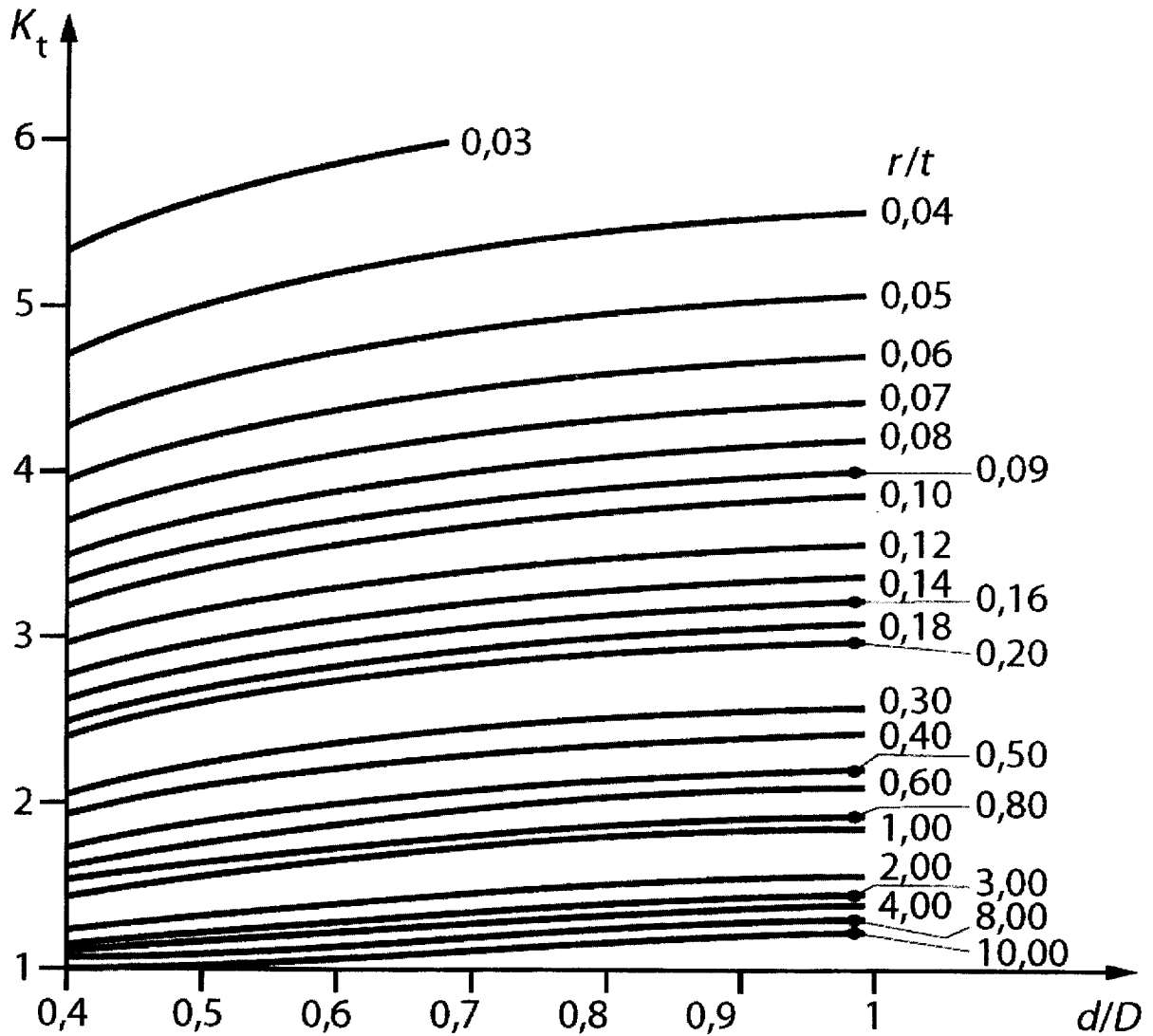
La mobilité m , d'un mécanisme définit le nombre de mouvements indépendants qu'il est possible de fixer arbitrairement.

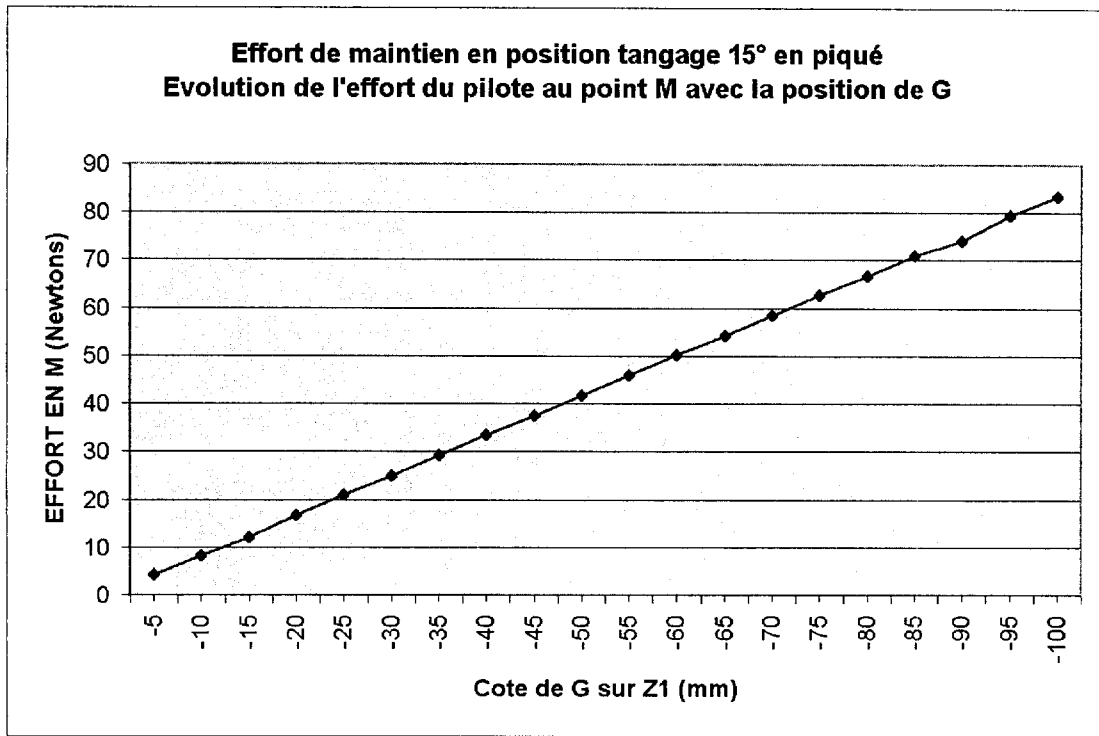
- On appelle mobilité utile, notée m_u , le nombre de mouvements indépendants faisant intervenir au moins un des paramètres d'entrée-sortie du mécanisme.
- On appelle mobilité interne, notée m_i , le nombre de mouvements indépendants ne faisant intervenir aucun des paramètres d'entrée-sortie.

On a bien évidemment : $m = m_u + m_i$

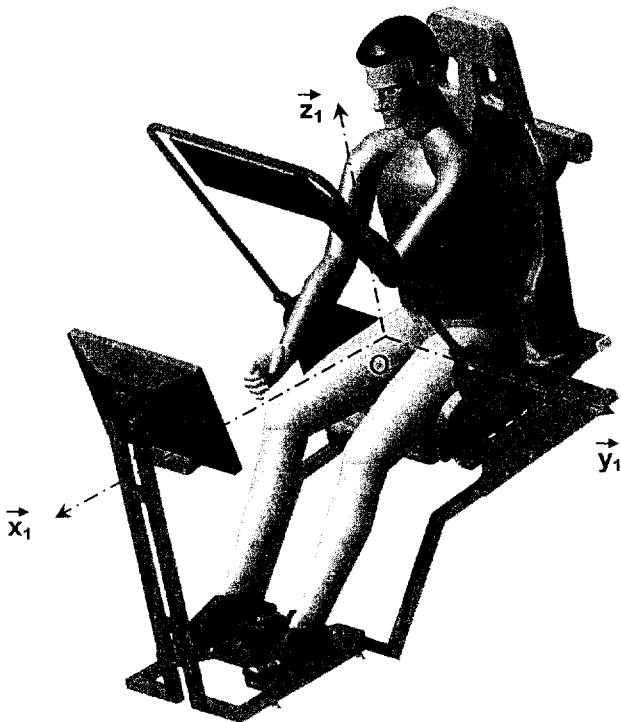
crdp Aquitaine

DOCUMENT CETIM COEFFICIENTS DE CONCENTRATIONS DE CONTRAINTES EN FLEXION





Repère R1, lié au berceau



Eléments d'inertie de l'ensemble E4 dans le système de coordonnées de sortie R1, lié au berceau

Propriétés de masse de E4 [Assembly Configuration - Défaut]

Système de coordonnées de sortie : Système de coordonnées R1

Le centre de gravité et les moments d'inertie sont calculés dans le système de coordonnées R1
Masse = 160.68 kilogrammes

Volume = 0.13 mètres cubes

Superficie = 6.49 mètres carrés

Centre de gravité : (mètres)

X = 0.00
Y = 0.00
Z = -0.02

Axes d'inertie principaux et moments d'inertie principaux (kilogrammes * mètres carrés)

Pris au centre de gravité.

$I_x = (-0.99, 0.00, 0.15)$ $P_x = 12.39$
 $I_y = (0.15, -0.01, 0.99)$ $P_y = 24.11$
 $I_z = (0.00, 1.00, 0.01)$ $P_z = 30.49$

Moments d'inertie: (kilogrammes * mètres carrés)

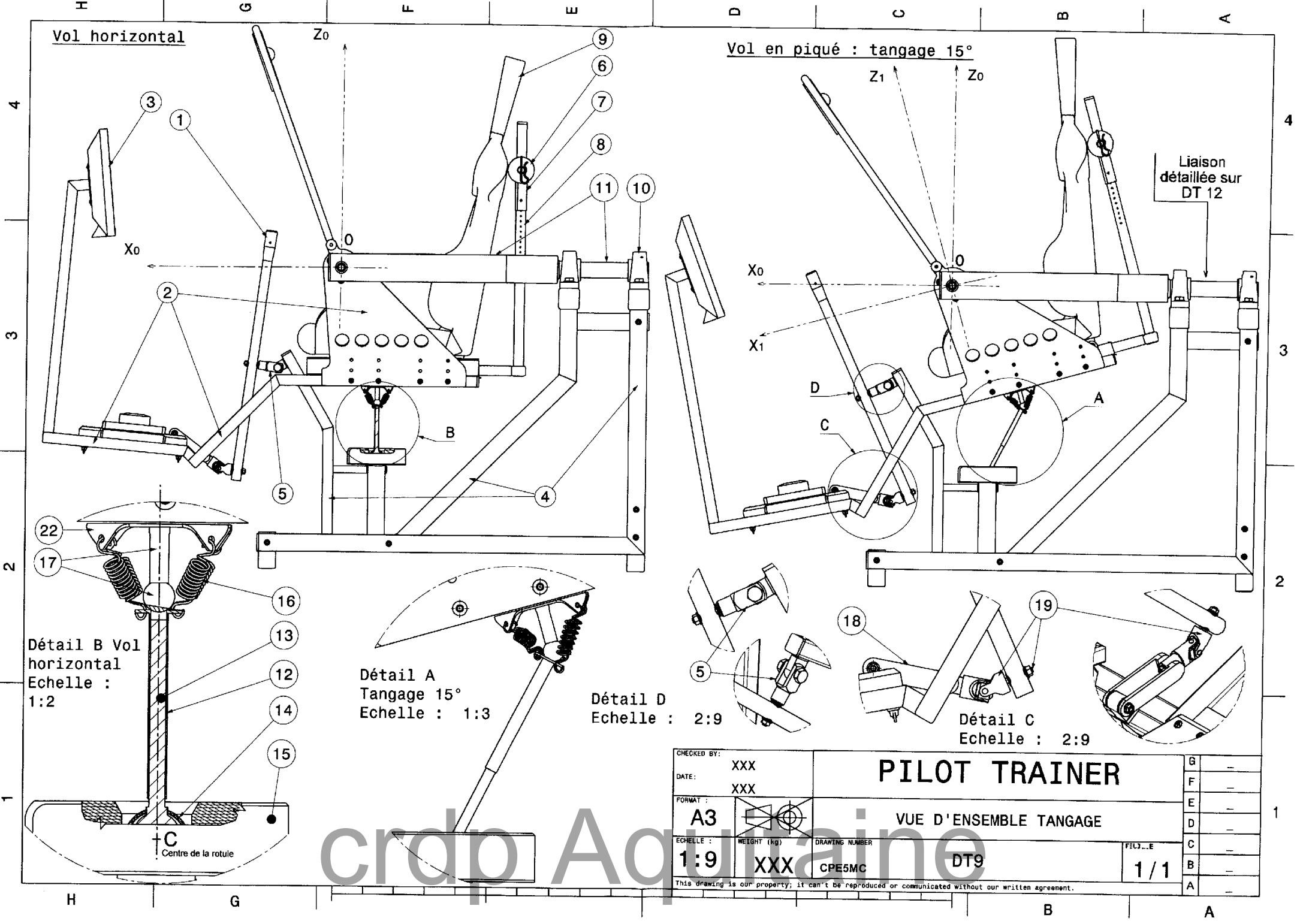
Pris au centre de gravité et aligné avec le système de coordonnées de sortie.

$L_{xx} = 12.64$ $L_{xy} = 0.01$ $L_{xz} = -1.71$
 $L_{yx} = 0.01$ $L_{yy} = 20.49$ $L_{yz} = -0.07$
 $L_{zx} = -1.71$ $L_{zy} = -0.07$ $L_{zz} = 23.86$

Moments d'inertie: (kilogrammes * mètres carrés)

Pris au système de coordonnées de sortie.

$I_{xx} = 12.73$ $I_{yy} = 0.01$ $I_{xz} = -1.69$
 $I_{yx} = 0.01$ $I_{yy} = 20.59$ $I_{yz} = -0.07$
 $I_{zx} = -1.69$ $I_{zy} = -0.07$ $I_{zz} = 23.86$



Vol horizontal

Vol en piqué : tangage 15°

Liaison détaillée sur DT 12

Détail B Vol horizontal
Echelle : 1:2

Détail A Tangage 15°
Echelle : 1:3

Détail D
Echelle : 2:9

Détail C
Echelle : 2:9

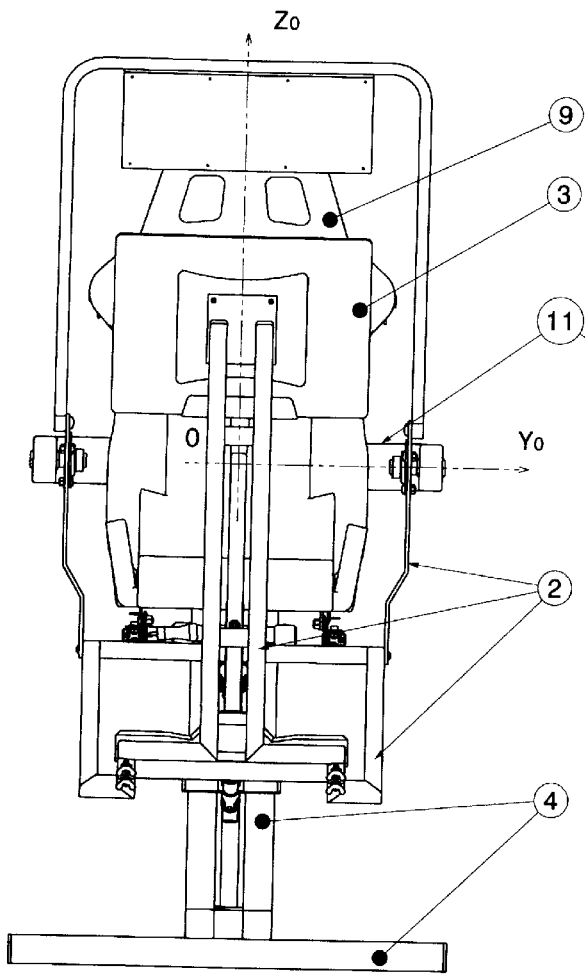
CHECKED BY:	XXX	PILOT TRAINER		G
DATE:	XXX			F
FORMAT:	A3	VUE D'ENSEMBLE TANGAGE		E
ECHELLE :	1:9			D
WEIGHT (kg)	XXX	DRAWING NUMBER	DT9	C
		CPE5MC		B
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.			1/1	A

crdp Aquitaine

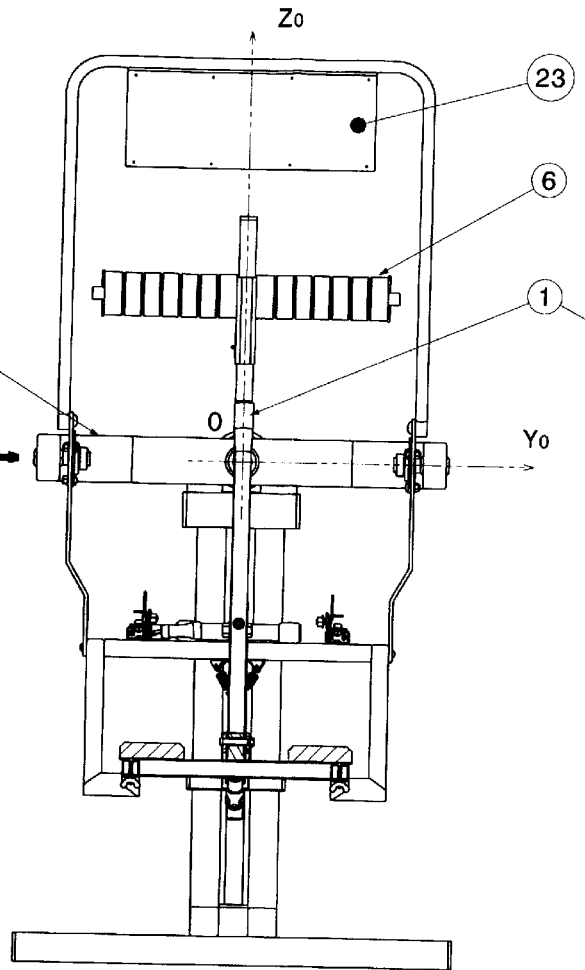
H G F E D C B A

4
3
2
1

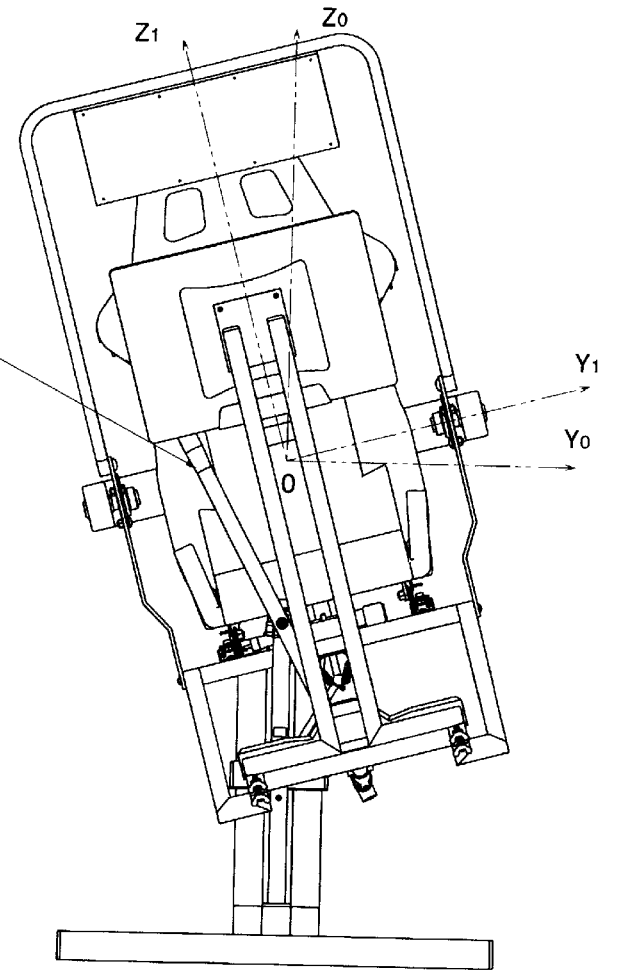
4
3
2
1



Roulis 0°, vol horizontal



Roulis 0°, vol horizontal
Ecran, siège et partie avant du berceau cachés



Roulis 15° lors d'un virage à droite

CHECKED BY: XXX	PILOT TRAINER		G	-
DATE: XXX			F	-
FORMAT: A3	VUE D'ENSEMBLE ROULIS		E	-
ECHELLE: 1:9			D	-
WEIGHT (kg): XXX	DRAWING NUMBER: DT10	FEUILLE: 1/1	C	-
GPE5MC			B	-
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.			A	-

crdp Aquitaine

H G F E D C B A

D

C

B

A

4

4

3

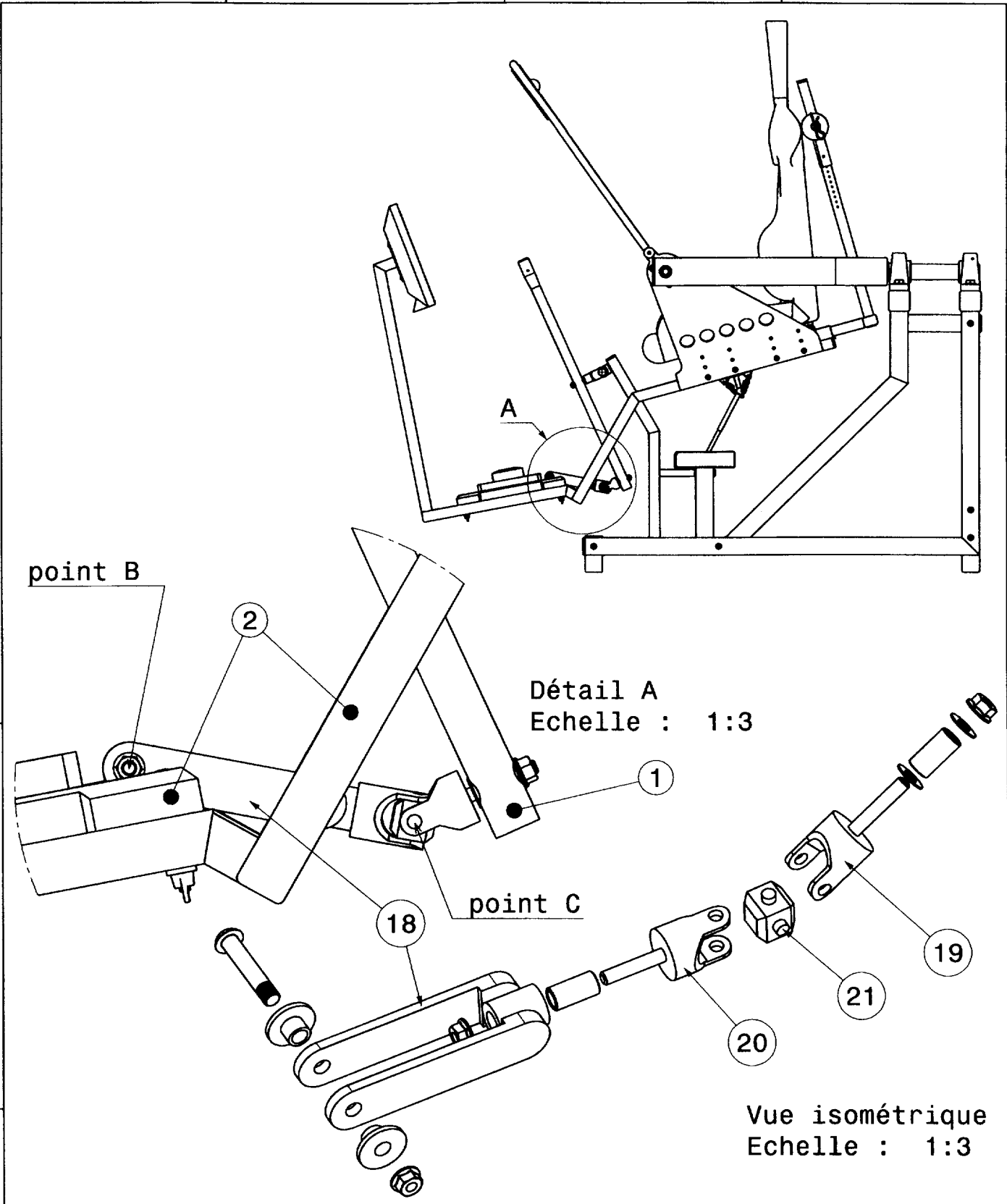
3

2

2

1

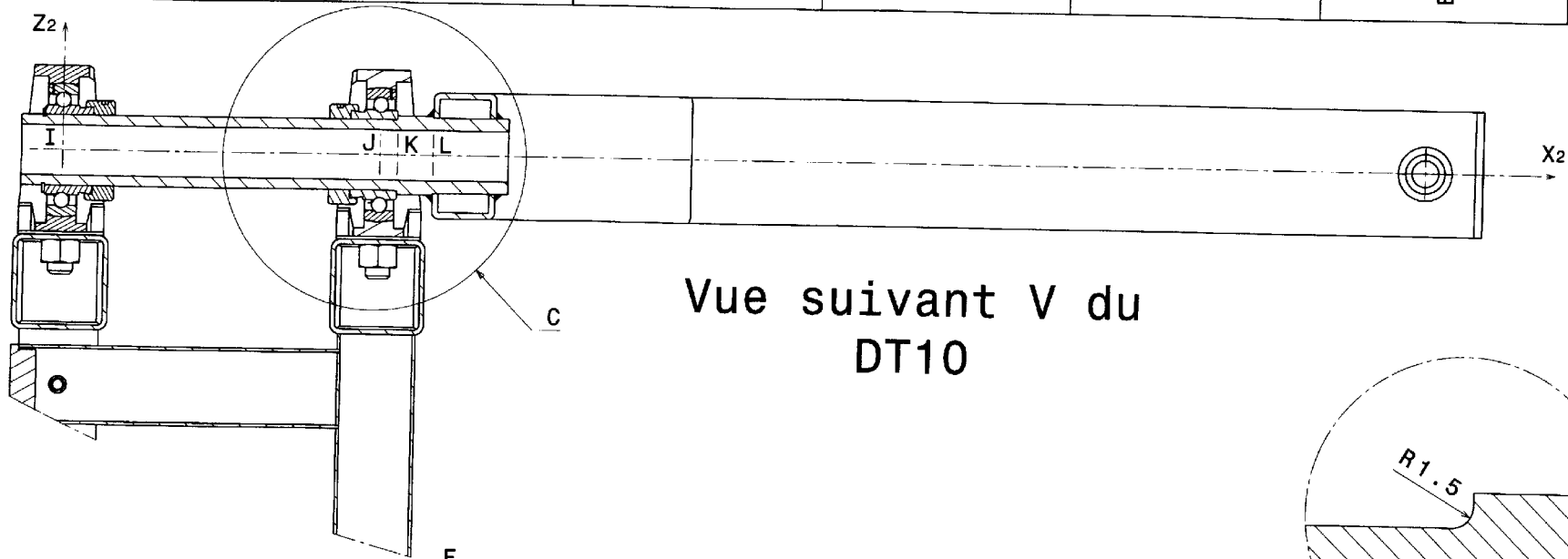
1



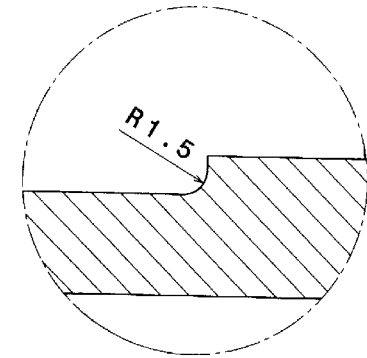
CHECKED BY: XXX		<h1>PILOT TRAINER</h1>		G	—
DATE: XXX				F	—
FORMAT: A4		<h2>CARDAN</h2>		E	—
ECHELLE : 1:15	WEIGHT (kg) XXX			D	—
DRAWING NUMBER CPE5MC		DT11		C	—
FEUILLE 1/1				B	—
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.				A	—

D

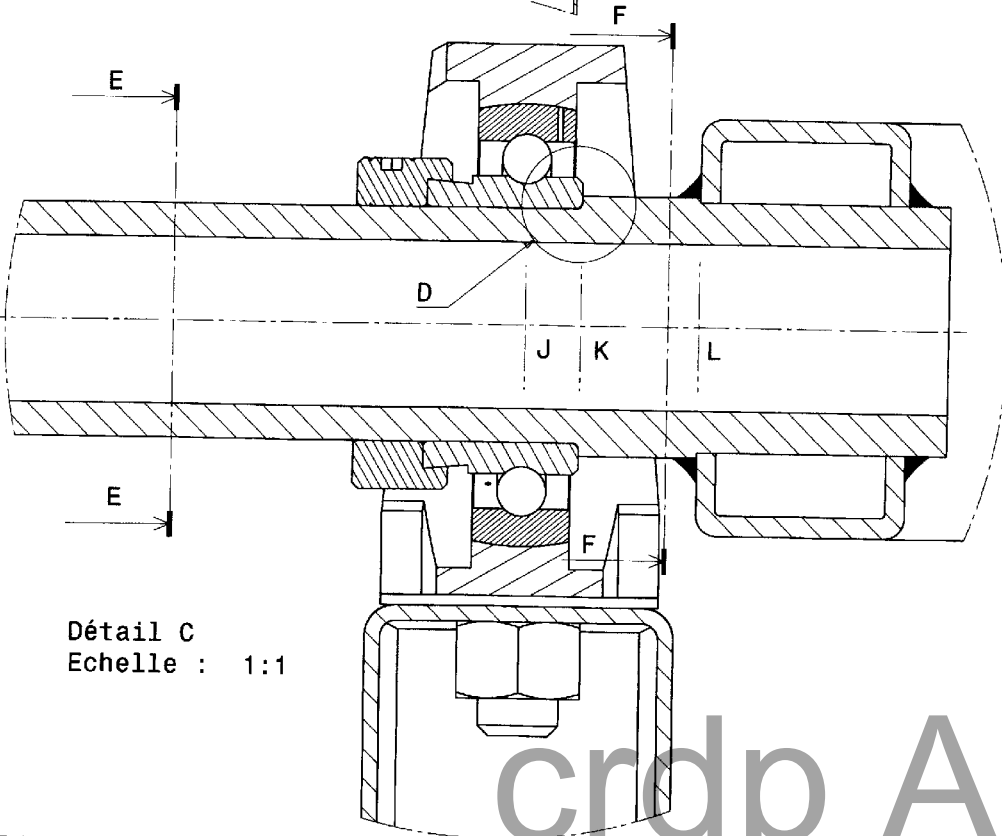
A



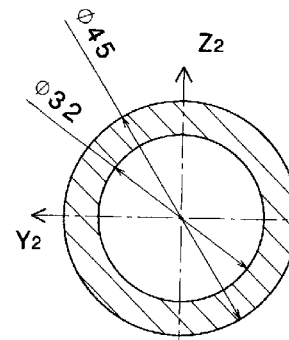
Vue suivant V du
DT10



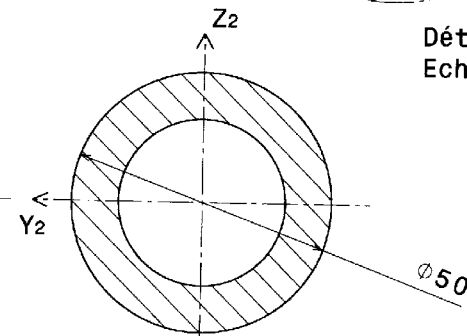
Détail D
Echelle : 3:1



Détail C
Echelle : 1:1



E-E
Echelle : 1:1



F-F
Echelle : 1:1

CHECKED BY:	XXX	PILOT TRAINER		G
DATE:	XXX			F
FORMAT:	A3	FOURCHE + CHASSIS PARTIEL		E
EGHELLE :	1:3			D
WEIGHT (kg)		DRAWING NUMBER	DT12	C
		FEUILLE	1/1	B
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.				A

crdp Aquitaine

